

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 8月13日  
Date of Application:

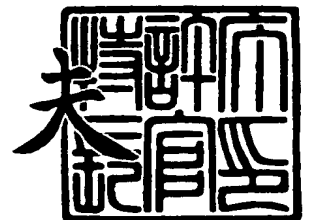
出願番号 特願2003-292762  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-292762]

出願人 横河電機株式会社  
Applicant(s):

2003年 9月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3077315

【書類名】 特許願  
【整理番号】 03A0084  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G02F 1/313  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 和田 守夫  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 荒木 昌二郎  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 土橋 万知夫  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 飯尾 晋司  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 末広 雅幸  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 浅野 義之  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 中島 眞一  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 岡 貞治  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 八木原 剛  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 佐藤 千恵  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 赤坂 恭一  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内  
    【氏名】 三浦 明  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000006507  
    【氏名又は名称】 横河電機株式会社  
    【代表者】 内田 勲  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 005326  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1

【物件名】  
【物件名】

図面 1  
要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

キャリア注入による屈折率変化により光信号の伝送経路を切り換える光スイッチにおいて、

半導体基板上に形成された第 1 クラッド層と、

この第 1 クラッド層上であって前記光信号が一方から入射され途中で 2 つに分岐して出射される光導波路が形成された光導波路層と、

この光導波路層上に形成された第 2 クラッド層と、

この第 2 クラッド層上に形成されたコンタクト層と、

前記第 1 クラッド層及び前記コンタクト層上の一部を除いて形成された酸化膜と、

前記コンタクト層上の前記酸化膜が除かれた部分に形成された第 1 電極と、

前記基板の裏面に形成された第 2 電極と、

前記第 1 電極の直下の第 2 クラッド層と前記第 1 電極の直下を除く第 1 クラッド層に電流狭窄のための不純物拡散領域を備え、

前記第 1 クラッド層上に第 3 クラッド層を形成したことを特徴とする光スイッチ。

**【請求項 2】**

前記光導波路をスラブ型としたことを特徴とする請求項 1 記載の光スイッチ

**【請求項 3】**

前記第 3 クラッド層は自由キャリアの吸収がなくなる程度にキャリア濃度を低く形成したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光スイッチ。

## 【書類名】明細書

## 【発明の名称】光スイッチ

## 【技術分野】

【0001】

本発明は、屈折率変化により光信号の伝送経路を切り換える光スイッチに関し、特に屈折率が変化する電流注入領域を狭窄して効率を改善した構造が容易な光スイッチに関する。

## 【背景技術】

【0002】

現在の通信ネットワークであるLAN (Local Area Network) やWAN (Wide Area Network) 等では、通常電気信号をもって情報を伝送する通信方式となっている。

【0003】

光信号をもって情報を伝送する通信方法は大量のデータを伝送する基幹ネットワークやその他一部のネットワークで用いられているだけである。また、これらのネットワークは“point to point”の通信であり、“フォトリックネットワーク”と言える通信網までは発達していないのが現状である。

【0004】

このような“フォトリックネットワーク”を実現するためには、電気信号の送信先を切り換えるルータやスイッチングハブ等といった装置と同様の機能を有する“光ルータ”や“光スイッチングハブ”等が必要になる。

【0005】

また、このような装置では高速に伝送経路を切り換える光スイッチが必要になり、ニオブ酸リチウムやPLZT (Lead Lanthanum Zirconate Titanate) 等の強誘電体を用いたものや、半導体に光路導波路を形成し半導体中にキャリアを注入して屈折率を変化させ光信号の伝送経路を切り換えるものが存在する。

【0006】

さらに、最近では平面ガラス光導波路上に集積したヒーターで発熱させ、当該ヒーターが形成された部分の屈折率を変化させることにより、スイッチング動作を行わせるものもある。

【0007】

そして、従来の半導体に光導波路を形成し半導体中にキャリアを注入して屈折率を変化させて光信号の伝送経路を切り換える光スイッチに関連する先行技術文献としては次のようなものがある。

【0008】

【特許文献1】特開平05-249508号公報

【特許文献2】特開平06-059294号公報

【特許文献3】特開平06-062450号公報

【特許文献4】特開平06-130236号公報

【特許文献5】特開平06-289339号公報

【特許文献6】特開平08-082810号公報

【非特許文献1】Baujun Li, Guozheng Li, Enke Liu, Zuimin Jiang, Chengwen Pei and Xun Wang, Appl. Phys. Lett., pp.1-3, 75(1999)

【非特許文献2】K. Ishida, H. Nakamura, H. Matsumura, T. Kadi, and H. Inoue, Appl. Phys. Lett., pp.141-142, 19(1987)

【0009】

図5及び図6はこのような“非特許文献1”に記載された従来の光スイッチの一例を示す平面図及び断面図である。これらの図において、1はp型のSi等の基板、2aはp型のSiGe等の光導波路層、3及び4はキャリアを注入するための1対の電極である。

【0010】

光導波路層2a上には“X字状”の光導波路2が形成され、“X字状”の光導波路の交

差部分には長方形の電極 3 が形成される。また、“X 字状”の光導波路の交差部分の近傍であって電極 3 に並行して長方形の電極 4 が形成される。

【0011】

図 6 は図の A-A 断面図であり、図 6 において 7 及び 8 はコンタクト層、11 は  $\text{SiO}_2$  等の絶縁膜である。

【0012】

ここで、図 5 及び図 6 に示す従来例の動作を説明する。光スイッチが“OFF”の場合、電極 3 及び電極 4 には電流が供給されない。

【0013】

その結果、図 5 に示す“X 字状”の光導波路の交差部分の屈折率の変化は生じないため、例えば、図 5 中“Pi”に示す入射端から入射した光信号は交差部分を直進して“P1”に示す出射端から出射される。

【0014】

一方、光スイッチが“ON”の場合、電極 3 から電子が注入され、電極 4 からは正孔が注入され、このため、前記交差部分にはキャリア（電子、正孔）が注入される。

【0015】

その結果、プラズマ効果によって図 5 に示す“X 字状”の光導波路の交差部分の屈折率が低くなるように変化するため、例えば、図 5 中“Pi”に示す入射端から入射した光信号は交差部分に生じた低屈折率部分で全反射されて“P2”に示す出射端から出射される。

【0016】

従って、電極に電流を供給して“X 字状”の光導波路の交差部分にキャリア（電子、正孔）を注入して交差部分の屈折率を制御することにより、光信号の伝播経路を切り換えることが可能になる。

【0017】

また、図 7 及び図 8 は上述の“非特許文献 2”に記載された従来の光スイッチの一例を示す平面図及び断面図である。

【0018】

これらの図において 1a は InP からなる半導体基板、20 は n-InP 層からなる第 1 クラッド層、21 は n-InGaAsP 層からなる“X 字状”の光導波路、22 は n-InP 層からなる第 2 クラッド層である。

【0019】

23 は n-InGaAsP 層からなるコンタクト層であり、これらの層は順次形成される。24 は  $\text{SiO}_2$  等からなる絶縁層で“X 字状”の光導波路 2b（図 7 参照）の交差部分を除いて形成されており、その交差部分には第 1 電極 25 が形成される。

【0020】

そと前記電流狭窄のための不純物拡散領域を備え

また、図 8 中第 1 電極の直下の第 2 クラッド層“A”で示す部分と第 1 電極の直下を除く第 1 クラッド層の“B、C”で示す部分には P 型不純物である Zn が拡散され電流狭窄構造が形成されている。

【0021】

即ち、この例ではスイッチ部の光導波路内に P 領域を設けて電流狭窄を行い、高いキャリア濃度の領域を制限して屈折率変化領域を限定する構造となっている。なお、InP 基板 1a の裏面には第 2 電極 26 が形成されている。

【0022】

ここで、図 7 及び図 8 に示す従来例の動作を説明する。光スイッチが“OFF”の場合、第 1 電極 25 及び基板 1a 裏面の電極には電流が供給されない。

【0023】

このため、“X 字状”の光導波路 2b の交差部分の屈折率の変化は生じないため、例えば、図 7 中“Pi”から入射した光信号は交差部分を直進して“P1”に示す部分から出

射される。

【0024】

一方、光スイッチが“ON”の場合、第1電極25から基板1a裏面の電極26に電流が供給され前記交差部分にキャリア（電子、正孔）が注入される。

【0025】

その結果、プラズマ効果によって“X字状”の光導波路2bの交差部分の電極25直下の屈折率が低くなるように変化するため、例えば、“Pi”から入射した光信号は交差部分に生じた低屈折率部分で全反射されて“P2”に示す部分から出射される。

【0026】

この結果、電極に電流を供給して“X字状”の光導波路2bの交差部分にキャリア（電子、正孔）を注入して交差部分の屈折率を制御することにより、光信号の伝播経路を切り換えることが可能になる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0027】

しかし、図7、図8に示す従来例では、電流狭窄のためのP形領域を光導波路部の光閉じ込め層となるInGaAsP層直下に設けるため、光導波路を伝搬する光がキャリア濃度の高いP形領域まで拡がり自由キャリア吸収が生じる。これにより、光導波路の伝搬損失が増大するという問題があった。

従って本発明が解決しようとする課題は、電流狭窄構造を有する光導波路型の光スイッチにおいて光導波路の伝搬損失を少なくした光スイッチを実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0028】

このような課題を達成するために、本発明のうち請求項1記載の発明は、キャリア注入による屈折率変化により光信号の伝送経路を切り換える光スイッチにおいて、

半導体基板上に形成された第1クラッド層と、

この第1クラッド層上であって前記光信号が一方から入射され途中で2つに分岐して出射される光導波路が形成された光導波路層と、

この光導波路層上に形成された第2クラッド層と、

この第2クラッド層上に形成されたコンタクト層と、

前記第1クラッド層及び前記コンタクト層上の一部を除いて形成された酸化膜と、

前記コンタクト層上の前記酸化膜が除かれた部分に形成された第1電極と、

前記基板の裏面に形成された第2電極と、

前記第1電極の直下の第2クラッド層と前記第1電極の直下を除く第1クラッド層に電流狭窄のための不純物拡散領域を備え、前記第1クラッド層上に第3クラッド層を形成した。その結果、光導波路の伝搬損失を少なくした光スイッチを実現することができる。

【0029】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の光スイッチにおいて、前記光導波路をスラブ型としたことにより、構造が簡単で製作が容易な電流狭窄構造とすることができる。

【0030】

請求項3記載の発明は、請求項1または2記載の光スイッチにおいて、

前記第3クラッド層は自由キャリアの吸収がなくなる程度にキャリア濃度を低く形成したことにより、光導波路の伝播損失を少なくすることができる。

【発明の効果】

【0031】

以上説明したことから明らかなように、本発明によれば次のような効果がある。

請求項1および3に記載の発明によれば、第1クラッド層上に第3クラッド層を形成し、第3クラッド層のキャリア濃度を自由キャリアの吸収がなくなる程度に低く形成した。

その結果、光導波路の伝搬損失を少なくした光スイッチを実現することができる。

【0032】

請求項2に記載の発明によれば、

光導波路をスラブ型とすることにより構造が簡単で製作が容易な光スイッチを実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下本発明を図面を用いて詳細に説明する。図1は本発明に係る光スイッチの一実施例を示す断面図である。なお、平面図は図7に示す従来例と同様なので省略する。

【0034】

図1において、1aはInPからなる半導体基板、20はn-InP層からなる第1クラッド層、21はn-InGaAsP層からなる“X字状”の光導波路、22はn-InP層からなる第2クラッド層である。

【0035】

23はn-InGaAsP層からなるコンタクト層であり、これらの層は順次形成される。24はSiO<sub>2</sub>等からなる絶縁層で“X字状”の光導波路2b（図7参照）の交差部分を除いて形成されており、その交差部分には第1電極25が形成される。

【0036】

また、図1中第1電極の直下の第2クラッド層“A”で示す部分と第1電極の直下を除く第1クラッド層の“B、C”で示す部分にはP形不純物であるZnが拡散され電流狭窄構造が形成されており、このP形不純物“B、C”領域を含む第1クラッド層の上には第3クラッド層30が形成されている。第3クラッド層30の厚さは0.5～1μm程度で、自由キャリア吸収が少なくなるようにキャリア濃度は低く、例えば10<sup>16</sup>cm<sup>-3</sup>程度のオーダーとされている。このようなキャリア濃度とすることにより、光導波路の伝搬損失を少なくすることができる。

【0037】

即ち、この例ではスイッチ部の光導波路内にP領域を設けて電流狭窄を行い、高いキャリア濃度の領域を制限して屈折率変化領域を限定する構造となっている。

なお、この実施例では第1クラッド層を凹形状に加工して光導波路としている。また、InP基板1aの裏面には第2電極26が形成されている。

【0038】

ここで、図1に示す本発明の光スイッチの動作を説明する。

光スイッチが“OFF”の場合、第1電極25及び基板1a裏面の電極には電流が供給されない。

【0039】

このため、“X字状”の光導波路2b（図7参照）の交差部分の屈折率の変化は生じないため、例えば、図7中“Pi”から入射した光信号は交差部分を直進して“P1”に示す部分から出射される。

【0040】

一方、光スイッチが“ON”の場合、第1電極25から基板1a裏面の電極26に電流が供給され前記交差部分にキャリア（電子、正孔）が注入される。

【0041】

その結果、プラズマ効果によって“X字状”の光導波路2b（図7参照）の交差部分の電極25直下の屈折率が低くなるように変化するため、例えば、“Pi”から入射した光信号は交差部分に生じた低屈折率部分で全反射されて“P2”に示す部分から出射される。

【0042】

この結果、電極に電流を供給して“X字状”の光導波路2bの交差部分にキャリア（電子、正孔）を注入して交差部分の屈折率を制御することにより、光信号の伝播経路を切り換えることが可能になる。



## 【0043】

従って、図7に示す従来例と同様“P<sub>i</sub>”から入射した光信号は“X字状”の光導波路2bの交差部分に生じた低屈折率部分で全反射されて図7中“P<sub>2</sub>”に示す部分から出射される。

## 【0044】

図2は他の実施例を示すもので、この実施例では上部クラッド層の途中までエッチング加工を行ってスラブ型光導波路を構成したものである。この実施例では第1クラッド層は凹形状に加工しておらず、第2クラッド層22の途中までエッチング加工を行ってスラブ型光導波路が構成されている。このような構成によれば、構造が簡単で製作が容易な光スイッチを実現することができる。なお、その他の構成は図1に示すものと同様なのでここでの説明は省略する。

## 【0045】

図3及び図4は、本発明の図2に示す実施例のスラブ型光導波路（屈折率分布：相対値）構造の伝搬モードの光強度分布計算結果である。これらの図に示す光強度分布から伝播モードは、単一（0次）モードであり、第3クラッド層を設けることにより、電流狭窄構造（P形領域）をもつ第1クラッド層内での光強度は極めて小さくなっている。従って、電流狭窄構造（P形領域）を設けることによる自由キャリア吸収の影響を低減できることがわかる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0046】

- 【図1】 本発明に係る光スイッチの一実施例を示す断面図である。
- 【図2】 本発明に係る光スイッチの他の実施例を示す断面図である。
- 【図3】 屈折率部分のシミュレーション結果の一例を示す説明図である。
- 【図4】 光強度分布のシミュレーション結果の一例を示す説明図である。
- 【図5】 従来の光スイッチの一例を示す平面図である。
- 【図6】 従来の光スイッチの一例を示す断面図である。
- 【図7】 従来の光スイッチの一例を示す平面図である。
- 【図8】 従来の光スイッチの一例を示す断面図である。

## 【符号の説明】

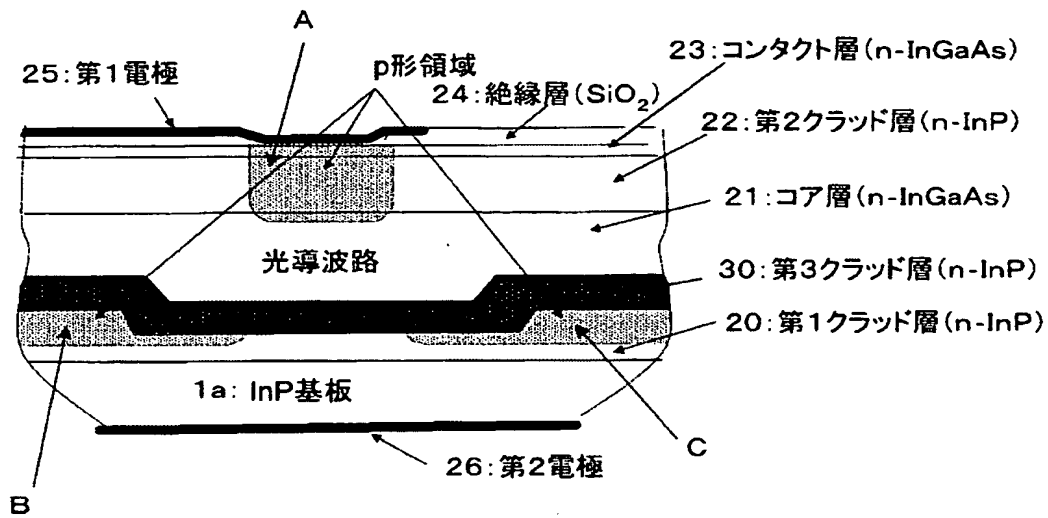
## 【0047】

- 1, 1a 基板
- 2 光導波路
- 2a 光導波路層
- 23 コンタクト層
- 11, 24 絶縁層
- 20 第1クラッド層（n-InP層）
- 21 コア層（n-InGaAsP層）
- 22 第2クラッド層（n-InP層）
- 25 第1電極
- 26 第2電極
- 30 第3クラッド層（n-InP層）

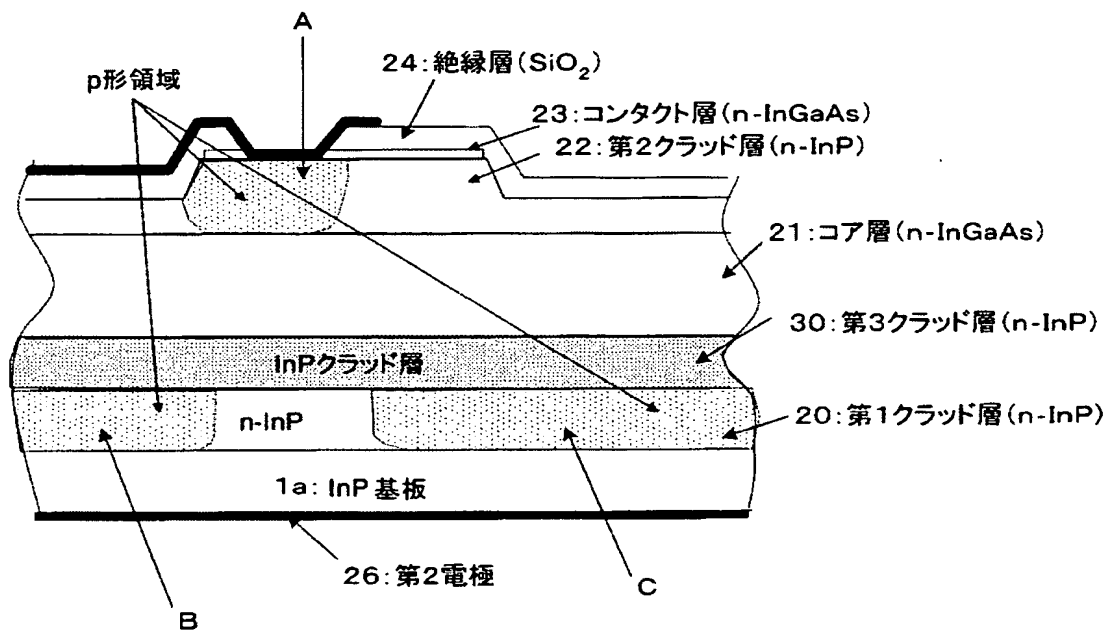


【書類名】 図面

【図 1】



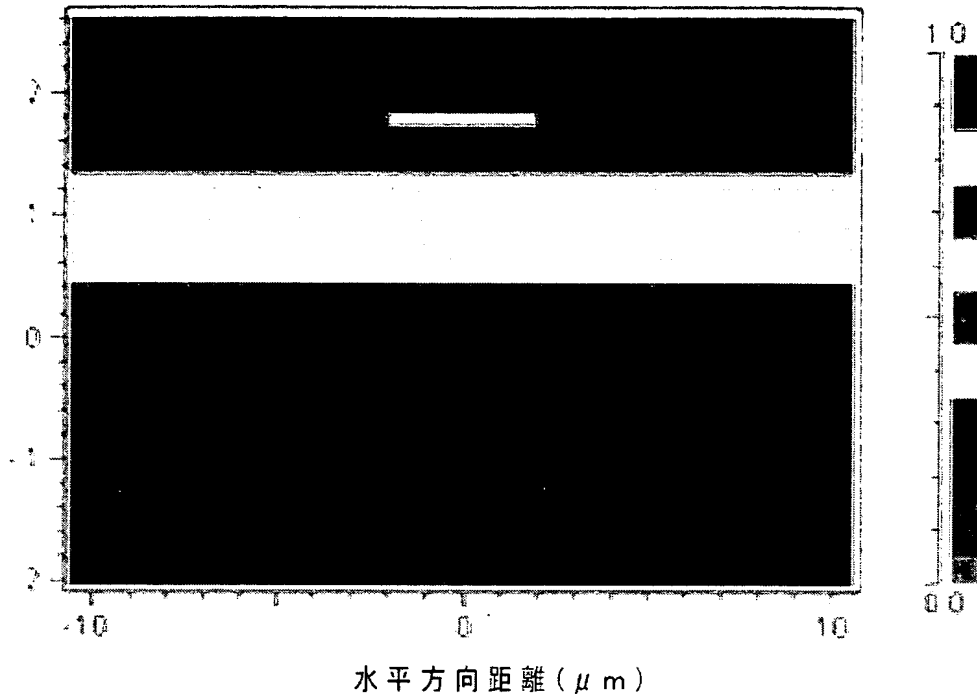
【図 2】



【図 3】

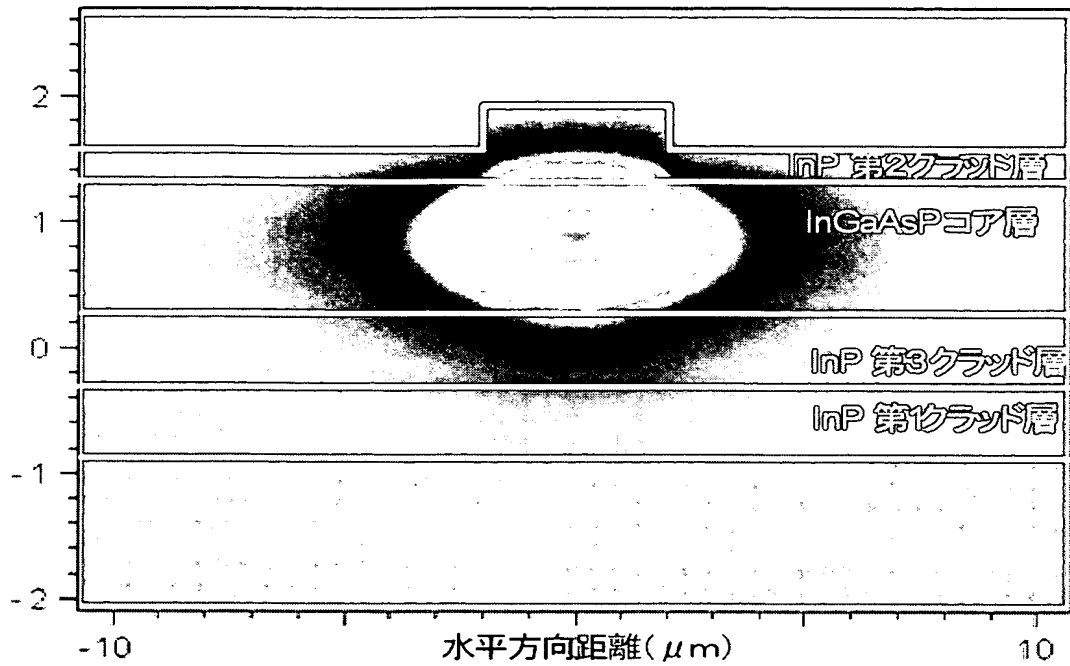
垂直方向距離 ( $\mu\text{m}$ )

屈折率分布

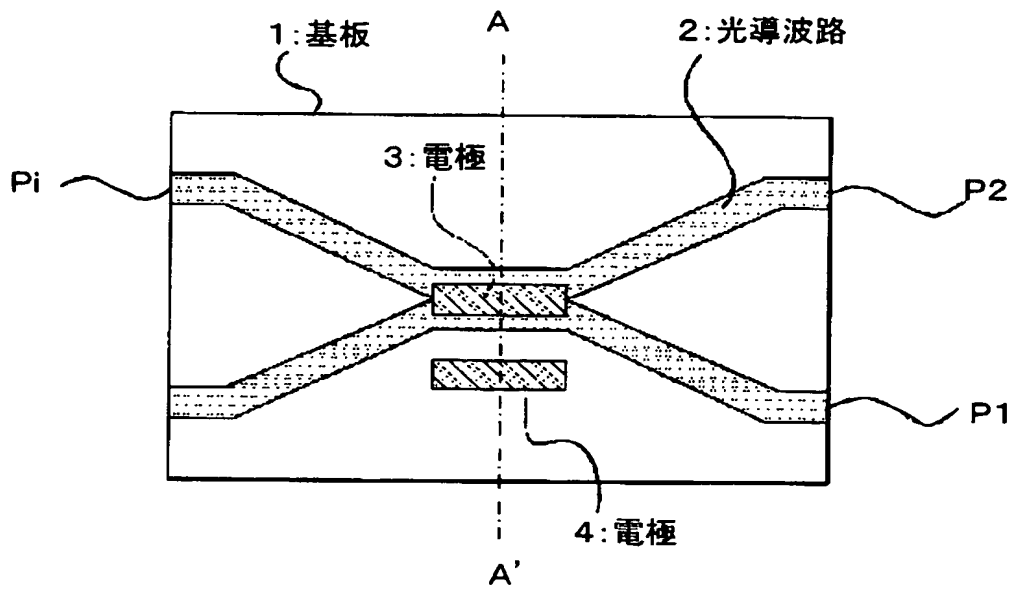


【図4】  
垂直方向距離( $\mu\text{m}$ )

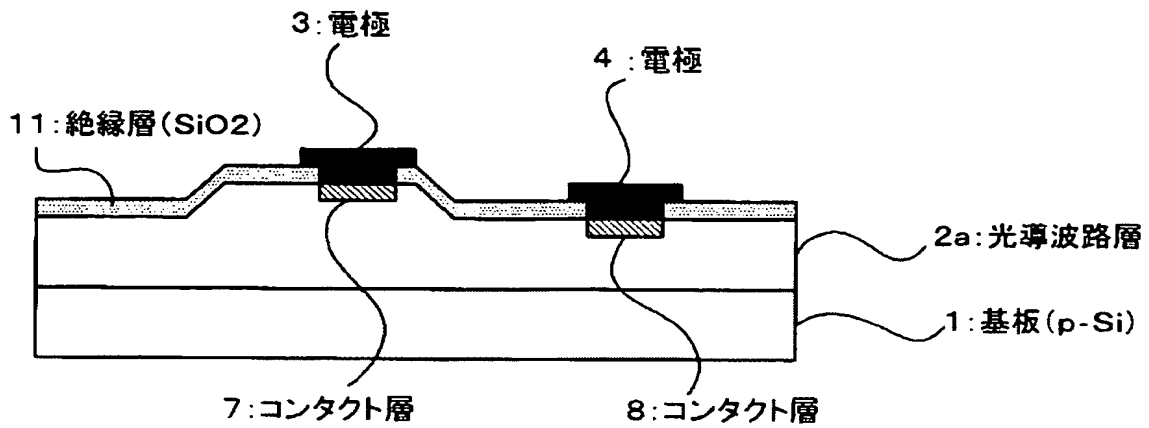
強度分布



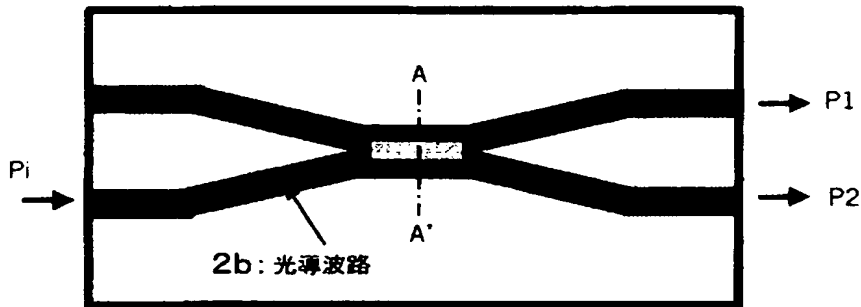
【図5】



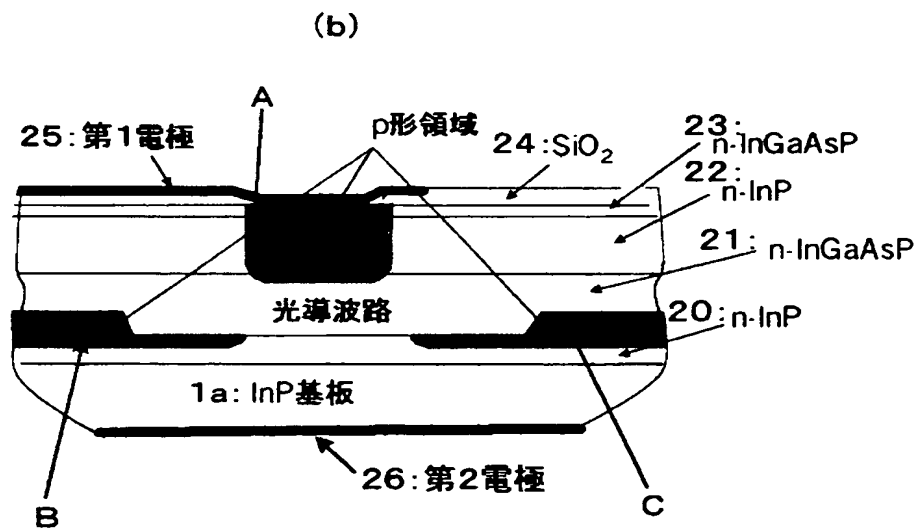
【図 6】



【図 7】



【図 8】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 電流狭窄構造を有する光導波路型の光スイッチにおいて光導波路の伝搬損失を少なくした光スイッチを実現する。

**【解決手段】** キャリア注入による屈折率変化により光信号の伝送経路を切り換える光スイッチにおいて、半導体基板上に形成された第1クラッド層と、この第1クラッド層上であって前記光信号が一方から入射され途中で2つに分岐して出射される光導波路が形成された光導波路層と、この光導波路層上に形成された第2クラッド層と、この第2クラッド層上に形成されたコンタクト層と、前記第1クラッド層及び前記コンタクト層上の一部を除いて形成された酸化膜と、前記コンタクト層上の前記酸化膜が除かれた部分に形成された第1電極と、前記基板の裏面に形成された第2電極と、前記第1電極の直下の第2クラッド層と前記第1電極の直下を除く第1クラッド層に電流狭窄のための不純物拡散領域を備え、

前記第1クラッド層上に第3クラッド層を形成した。

**【選択図】**

図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 2 9 2 7 6 2
受付番号	5 0 3 0 1 3 4 2 1 6 4
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 5 年 8 月 1 4 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 15 年 8 月 13 日



特願 2 0 0 3 - 2 9 2 7 6 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 6 5 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号

氏 名

横河電機株式会社